

Eur päisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 773 131 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
14.05.1997 Patentblatt 1997/20

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: B60L 11/18, B60L 11/02

(21) Anmeldenummer: 96115416.8

(22) Anmeldetag: 26.09.1996

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

(30) Priorität: 08.11.1995 DE 19541575

(71) Anmelder: DAIMLER-BENZ  
AKTIENGESELLSCHAFT  
70567 Stuttgart (DE)

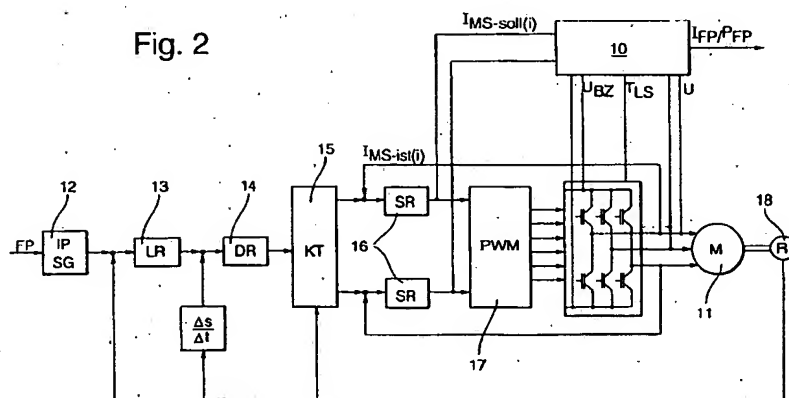
(72) Erfinder: Sonntag, Josef  
89257 Illertissen (DE)

### (54) Verfahren zur Ermittlung eines Last-Sollwertes für ein lastabhängiges Stromerzeugungssystem in einem Elektrofahrzeug

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung eines Last-Sollwertes für ein lastabhängiges Stromerzeugungssystem, insbesondere ein Brennstoffzellensystem, in einem Elektrofahrzeug. Ausgehend von einer Fahrpedalanforderung wird im Fahrmotor-

Umrichter ein Sollwert für die Motorstrangströme des Elektro-Fahrmotors ermittelt und daraus direkt ein Last-sollwert für das Stromerzeugungssystem generiert.

Fig. 2



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung eines Last-Sollwertes für ein lastabhängiges Stromerzeugungssystem, insbesondere ein Brennstoffzellensystem, in einem Elektrofahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der DE 43 22 765 C1 ist ein Verfahren zur dynamischen Regelung der Leistung einer elektrischen Antriebseinheit in einem Fahrzeug bekannt, die von einer im Fahrzeug angeordneten Brennstoffzelle mit elektrischer Energie versorgt wird. Ausgehend von einer Leistungsanforderung, die aus der Fahrpedalstellung ermittelt wird, wird der Luftmassenstrom, der zur Bereitstellung dieser Sollleistung seitens der Brennstoffzelle benötigt wird, in Abhängigkeit von der momentanen Drehzahl des Elektro-Fahrmotors anhand von Kennfeldern ermittelt und durch eine Regelung der Drehzahl eines in der Luftansaugleitung angeordneten Kompressor eingestellt.

Nachteilig bei diesem System ist, daß ein Abgleich der Kennfelder anhand von Tests notwendig ist, um den Fahrtrieb und das Brennstoffzellensystem aufeinander abzustimmen. Nachteilig ist außerdem, daß die Luftversorgung der Brennstoffzelle einem bestehenden Leistungs- beziehungsweise Stromistwert des Fahrtriebs zeitversetzt angepaßt wird, wodurch bei Beschleunigungsvorgängen eine Luftunterversorgung der Brennstoffzelle entsteht und somit die Wahrscheinlichkeit für Leistungseinbrüche steigt.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Ermittlung eines Last-Sollwertes für ein lastabhängiges Stromerzeugungssystem in einem Elektrofahrzeug mit verbesserter Dynamik zu schaffen.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Die Generierung eines Strom-Sollwertes direkt im Fahrmotor-Umrichter weist den Vorteil auf, daß zum einen die Abstimmung der Strom- beziehungsweise Leistungskennfelder entfällt. Zum anderen wird das Fahrverhalten dadurch verbessert, daß durch die vorgelagerte Luftversorgung eine Fahrpedalbegrenzung beim Beschleunigen nicht mehr auftritt und daß die Zahl der Zellspannungsalarme verringert wird.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen und der Beschreibung hervor. Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Brennstoffzelle und

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung einer Antriebsregelung für einen Elektro-Fahrmotor mit integrierter Sollwertgenerierung zeigt.

Für Fahrzeuge, die von einem Elektro-Fahrmotor angetrieben werden, gibt es unterschiedliche Ansätze zur Bereitstellung der jeweils benötigten elektrischen Energie. Zum einen werden Batterien eingesetzt, die

die benötigte elektrische Energie zwischenspeichern. Die elektrische Energie kann hierbei entweder außerhalb des Fahrzeugs erzeugt und über einen Ladevorgang der Batterie zugeführt werden oder mit Hilfe eines Stromerzeugungssystems direkt im Fahrzeug erzeugt werden. Die jeweilige Leistung des Stromerzeugungssystems ist bei diesem System innerhalb eines weiten Bereichs unkritisch, da durch die Pufferwirkung der Batterie die Leistung des Stromerzeugungssystems von der Motorleistung entkoppelt ist.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die elektrische Energie im Fahrzeug zu erzeugen und dem Elektro-Fahrmotor ohne Zwischenschaltung einer Pufferbatterie zuzuführen. Um hierbei eine gute Energieausnutzung zu gewährleisten muß jedoch die Leistung des Stromerzeugungssystems möglichst optimal an den jeweiligen momentanen Strombedarf des Elektro-Fahrmotors angepaßt werden. Hierzu muß laufend ein Sollwert für die Leistung des Stromerzeugungssystems generiert und die Leistung des Stromerzeugungssystems dann entsprechend gesteuert oder geregelt werden. Um eine gute Fahrdynamik zu erhalten muß die Sollwertgenerierung und die anschließende Steuerung oder Regelung des Stromerzeugungssystems entsprechend schnell erfolgen.

Ein bekanntes lastabhängiges Stromerzeugungssystem für Elektrofahrzeuge ist die Brennstoffzelle. Obwohl die Erfindung im folgenden anhand eines Brennstoffzellensystems beschrieben wird, beschränkt sich der Erfindungsgegenstand nicht auf dieses Ausführungsbeispiel, sondern kann für ein beliebiges lastabhängiges Stromerzeugungssystem für Elektrofahrzeuge angewendet werden.

Der in Fig. 1 insgesamt mit 1 bezeichneten Brennstoffzelle, beispielsweise einer als PEM-Zelle bezeichnete Brennstoffzelle mit protonenleitender Membran, wird über eine erste Zuleitung 2 ein Brennmittel, beispielsweise Wasserstoffgas, zugeführt. Über eine zweite Zuleitung 3, in der ein Kompressor 4 angeordnet ist, wird der Brennstoffzelle 1 außerdem ein Oxydant, vorzugsweise Sauerstoff oder Umgebungsluft, unter Druck zugeführt. In der Brennstoffzelle 1 wird der Brennstoff an der Anode oxydiert, das Oxydant wird an der Kathode reduziert, wobei Anode und Kathode zur Vermeidung einer Knallgasreaktion zwischen dem Wasserstoff und dem Sauerstoff durch eine protonenleitende Membran voneinander getrennt sind. Bei dieser elektrochemischen Reaktion entsteht zwischen den beiden Elektroden eine Spannung. Durch Parallel- beziehungsweise Hintereinanderschaltung vieler solcher Zellen zu einem sogenannten Stack können Spannungen und Stromstärken erreicht werden, die zum Antrieb eines Fahrzeugs ausreichen.

Zum Antrieb des Kompressors 4 ist ein Elektromotor 5 vorgesehen. Mit Hilfe eines Kompressor-Umrichters 6 kann die Drehzahl  $n_K$  des Elektromotors 5 und somit auch des Kompressors 4 gesteuert oder geregelt werden. Über die Drehzahl  $n_K$  des Kompressors 4 kann der Oxydant-Massenstrom  $V_{L-ist}$  und damit die Leistung

$P_{BZ}$  der Brennstoffzelle 1 beeinflusst werden. Das Abführen der Gase aus der Anode und der Kathode erfolgt über Abströmleitung 7, 8. Zum Antrieb des Fahrzeugs ist eine Antriebseinheit 9, bestehend aus einem Fahrmotor-Umrichter 10 und einem Elektro-Fahrmotor 11, vorgesehen.

Um die Luftversorgung der Brennstoffzelle 1 vor der Leistungsbeziehungsweise Stromaufnahme der Antriebseinheit 9 anzusteuern und damit eine Begrenzung der Fahrpedalanforderung  $FP$  beim Beschleunigen möglichst zu vermeiden, wird beim erfindungsgemäßen Verfahren ein Strom-Sollwert  $I_{FP}$  für die Brennstoffzelle 1 durch eine zusätzliche Einrichtung im Fahrmotor-Umrichter 10 generiert. Aus der an die Antriebseinheit 9 weitergegebene Drehmomentanforderung  $M_{d_{soll}}$  werden im Fahrmotor-Umrichter 10 Sollwerte für die Motorstrangströme  $I_{MS-soll}(i)$  des Elektro-Fahrmotors 11 ermittelt und daraus in Abhängigkeit von der Fahrmotor- beziehungsweise Zwischenkreisspannung  $U$ ,  $U_{BZ}$ , der Leistungsstellertemperatur  $T_{LS}$  und dessen Wirkungsgrad  $\eta_{LS}$  ein Strom-Sollwert  $I_{FP}$  für die Brennstoffzelle 1 generiert. Aus diesem Strom-Sollwert  $I_{FP}$  wird dann ein Sollwert  $n_{K-soll}$  für die Kompressor-Drehzahl bestimmt und entsprechend eingestellt.

Der elektrischen Antriebseinheit 9 und der Luftversorgung werden die jeweiligen Sollwerte  $I_{MS-soll}(i)$ ,  $I_{FP}$  also praktisch zeitgleich zur Verfügung gestellt. Eine Begrenzung der Fahrleistung beim Beschleunigen aufgrund des Brennstoffzellensystems 1 tritt durch diese vorgelagerte Luftversorgung nicht mehr auf. Ebenso sind weniger Zellspannungsalarme  $U_{ZA}$  in der Brennstoffzelle 1 zu erwarten, was insgesamt ein besseres Fahrverhalten bedeutet.

Antriebsregelungen für Drehstrom-Elektromotoren sind aus dem Stand der Technik, beispielsweise aus der Zeitschrift Elektronik, Heft 21/1994, Seite 58 ff., bekannt. Da außerdem die Antriebsregelung ansich nicht Gegenstand der Erfindung ist, wird hier nur kurz das Prinzip anhand von Fig. 2 erläutert. Die Antriebsregelung, bestehend aus Sollwert-Generator 12, Lage-regler 13, Drehzahlregler 14, Koordinaten-Transformation 15, Phasenstromregler 16 und Pulsweitenmodulator 17, kann vorzugsweise im Fahrmotor-Umrichter 10 integriert und sowohl in analoger als auch in digitaler Bauweise ausgeführt werden. Ausgehend von der Fahrpedalanforderung  $FP$  werden in der Antriebsregelung Sollwerte für die Motorstrangströme  $I_{MS-soll}(i)$  ermittelt und dem Elektro-Fahrmotor 11 zugeführt.

Als Regelgrößen wird der Antriebsregelung neben den Istwerten der Motorstrangströme  $I_{MS-ist}(i)$  die mit Hilfe eines sogenannten Resolvers 18 erfaßten Werte für die Geschwindigkeit und für die absolute Winkelpo-sition des Rotors des Elektro-Fahrmotors 11 zugeführt. Bei den üblichen feldorientierten Antriebsregelungen sind die Ist-Motorstrangströme  $I_{MS-ist}(i)$  und die jeweiligen Sollwerte  $I_{MS-soll}(i)$  der Motorstrangströme zirka alle 70  $\mu s$  verfügbar. Es ist daher möglich, den Sollwert

für den von der Brennstoffzelle 1 für den Elektro-Fahrmotor 11 bereitzustellenden Strom  $I_{FP}$  aus den Sollwerten  $I_{MS-soll}(i)$  für die Motorstrangströme direkt im Fahrmotor-Umrichter 10 zu berechnen.

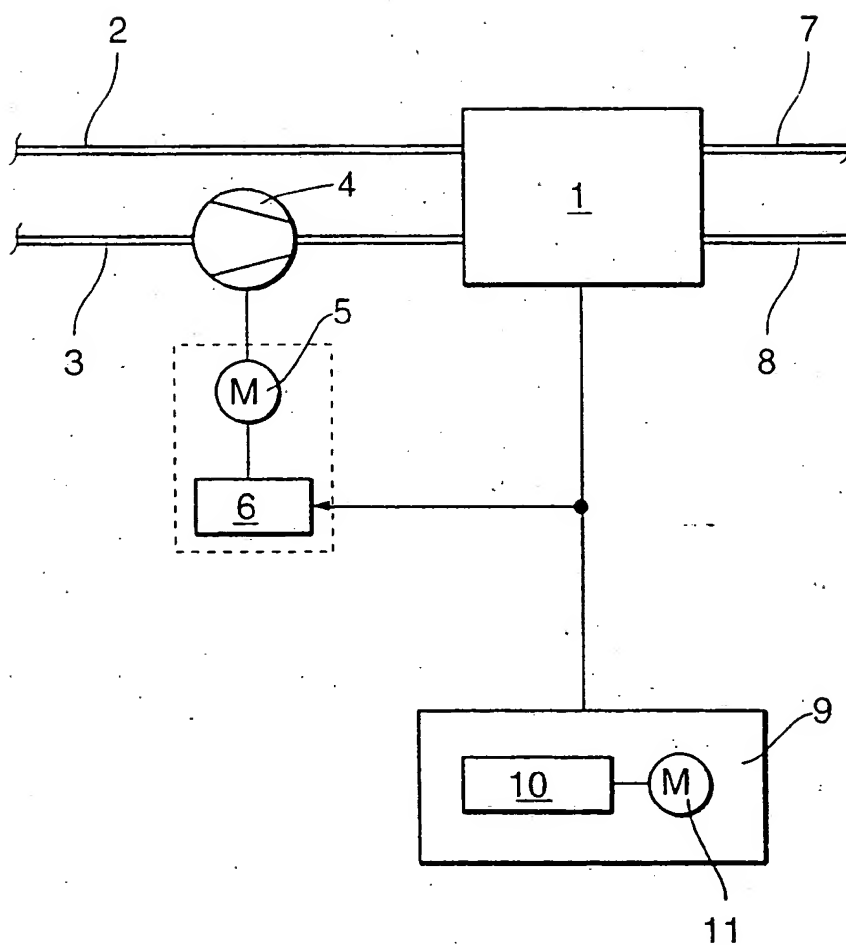
Erfindungsgemäß werden hierzu im Fahrmotor-Umrichter 10 die Motorstrang-Sollwerte  $I_{MS-soll}(i)$ , die Motor- beziehungsweise Zwischenkreisspannung  $U$ ,  $U_{BZ}$  und die Leistungsstellertemperatur  $T_{LS}$  erfaßt und daraus ein Strom-Sollwert  $I_{FP}$  oder ein Leistungs-Sollwert  $P_{FP}$  ermittelt. Um den Einfluß von Leistungsstellertemperatur  $T_{LS}$  und Leistungsstellerwirkungsgrad  $\eta_{LS}$  zu korrigieren können abgelegte Kennfelder zur Temperatur- und/oder Wirkungsgradkompensation eingesetzt werden.

Die Erfindung ist nicht auf das hier beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern bezieht sich auf alle bekannten Elektromotoren und entsprechende Antriebsregelungen.

## 20 Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung eines Last-Sollwertes für ein lastabhängiges Stromerzeugungssystem, insbesondere für ein Brennstoffzellensystem, in einem Elektrofahrzeug, wobei ausgehend von einer Fahrpedalanforderung Sollwerte für die Motorstrangströme des Elektro-Fahrmotors und die Leistung des Stromerzeugungssystems ermittelt und laufend eingestellt werden,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Lastsollwert ( $I_{FP}$ ) für das Stromerzeugungssystem (1) aus den Motorstrangströmen ( $I_{MS-soll}(i)$ ) des Elektro-Fahrmotors (11) generiert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß bei der Generierung des Last-Sollwertes ( $I_{FP}$ ) eine Temperatur- und/oder Wirkungsgradkompensation erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Temperatur- und/oder Wirkungsgradkompensation anhand von entsprechenden Kennfeldern erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß als Stromerzeugungssystem ein Brennstoffzellensystem (1) verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß als Last-Sollwert ein Soll-Stromwert ( $I_{FP}$ ) oder ein Soll-Leistungswert ( $P_{FP}$ ) für die Brennstoffzelle (1) vorgegeben wird.

Fig. 1



BEST AVAILABLE COPY

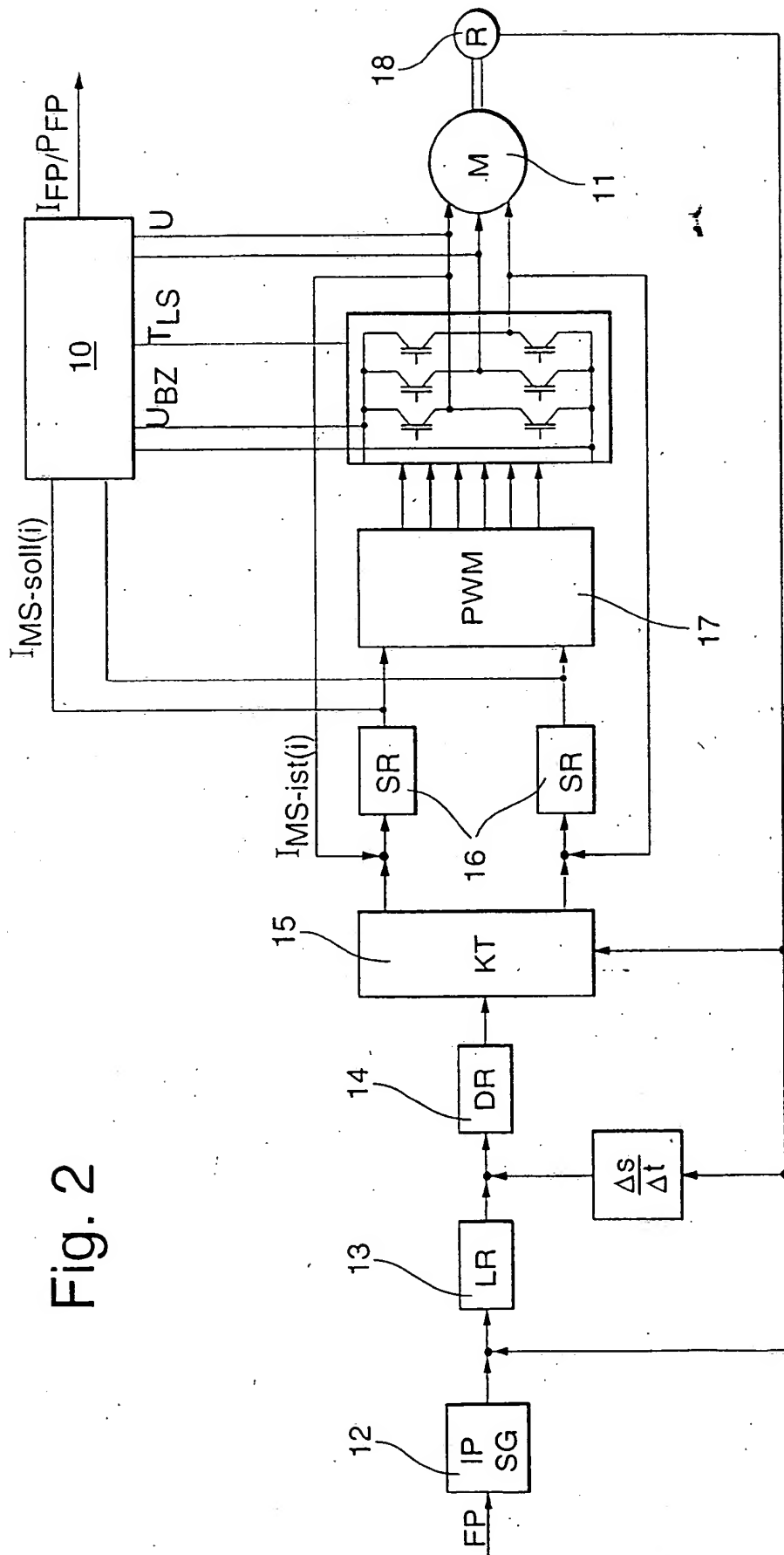


Fig. 2

BEST AVAILABLE COPY



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 96 11 5416

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
D,Y	DE-C-43 22 765 (DAIMLER BENZ AG) 16.Juni 1994	1	B60L11/18 B60L11/02
A	* das ganze Dokument *	2-5	
Y	WO-A-94 07301 (SIEMENS AG ;TOELLE HANS JUERGEN (DE)) 31.März 1994 * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1	
Y	WO-A-90 13454 (SGN SOC GEN TECH NOUVELLE) 15.November 1990 * Zusammenfassung; Abbildung 4A *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			B60L
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschließdatum der Recherche 15.Januar 1997	Prüfer Beyer, F
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			